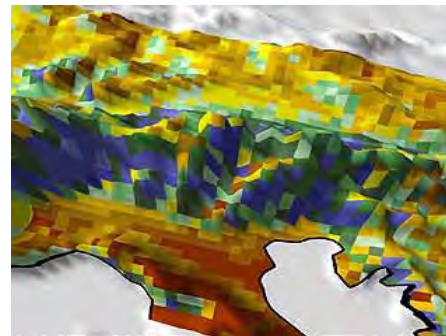


# Vergleichende Analysen regionaler Klimamodelle

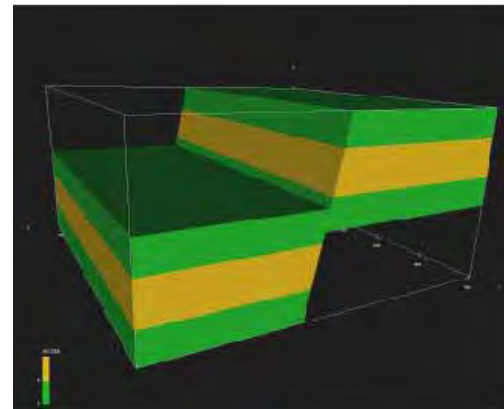
**Lorenzo Tomassini und Katharina Bülow**

Max-Planck-Institut für Meteorologie



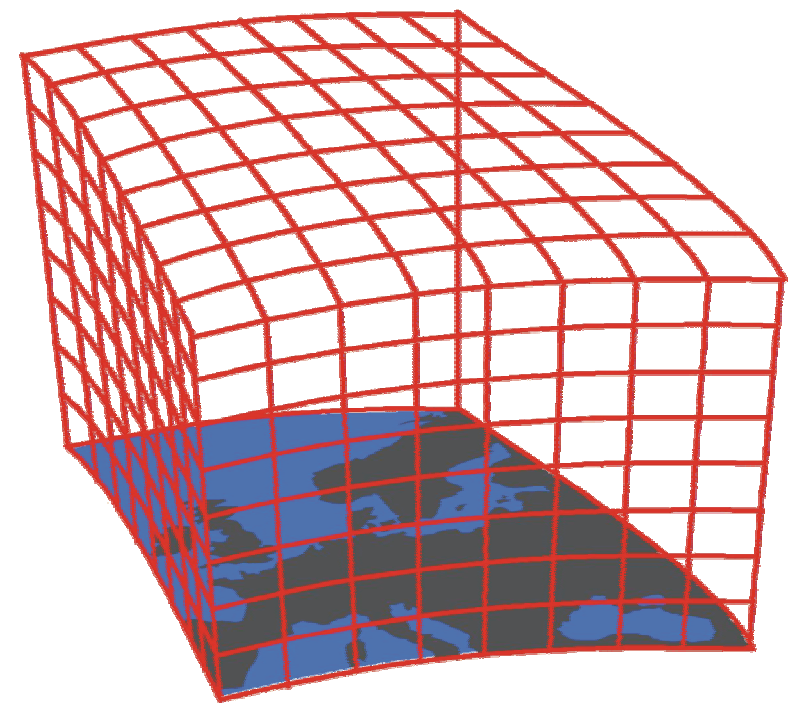
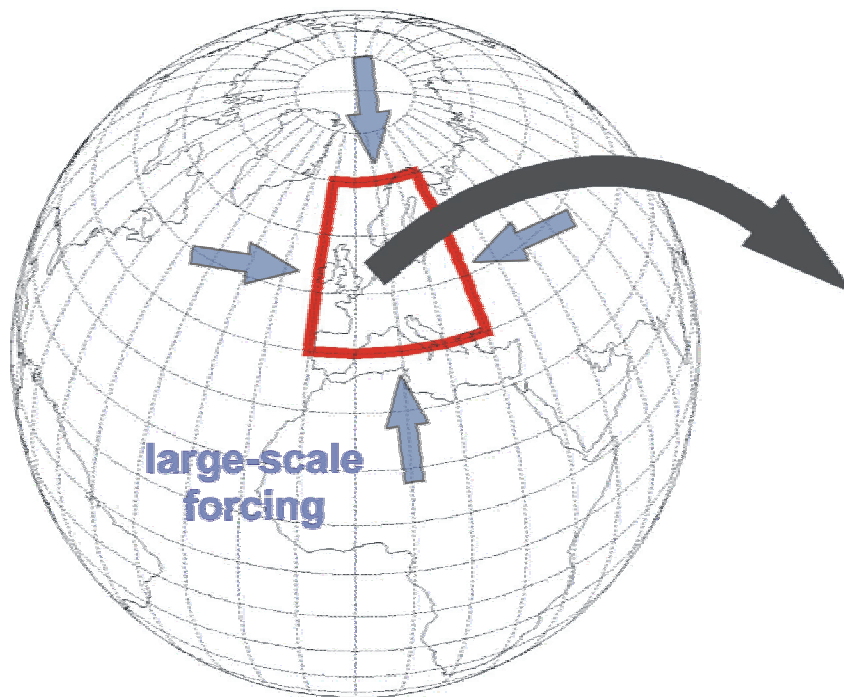


- Methoden und Schwierigkeiten der Evaluierung regionaler Klimamodelle
- Beobachtungsdatensätze
- Problembezogene Evaluierung: Kenngrößen, Einzugsgebiete
- Exemplarische Ergebnisse
- Zusammenfassung
- Sind Aussagen zum Klimaänderungssignal möglich?





# Evaluierung regionaler Klimamodelle

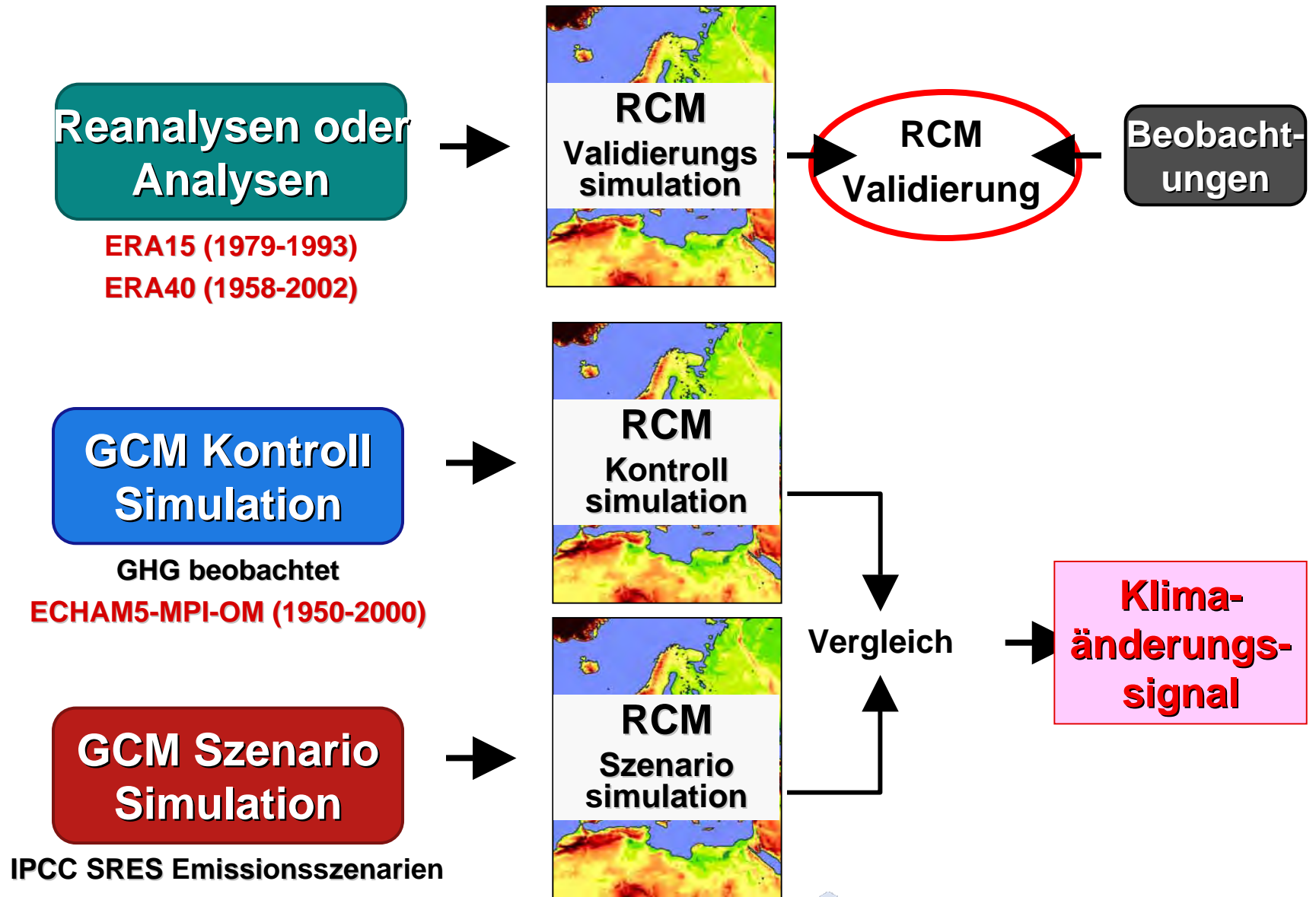


Gebiet des regionalen Klimamodells





# Evaluierung regionaler Klimamodelle







## Grundprobleme der Evaluierung



- Klimamodell bildet „Wirklichkeit“ ab. Was ist die „Wirklichkeit“ eines 25km Rasters?
- Güte der Beobachtungen
- Güte des Antriebs (Reanalysen)
- „Wahre“ Auflösung des Modells
- Güte des Jetzt-Klimas sagt nicht notwendigerweise etwas über die Güte des Modells aus: Modell-Anpassung
- Übereinstimmung mit dem Jetzt-Klima impliziert deshalb nicht notwendigerweise ein korrektes Klimaänderungssignal



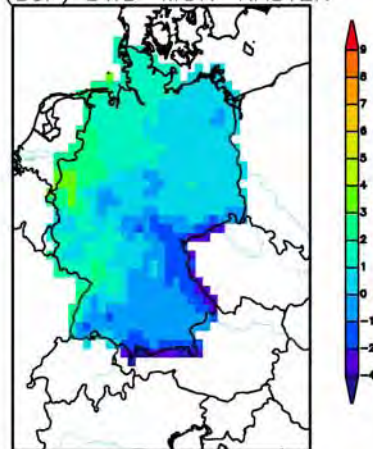


# Vergleich zweier Beobachtungsdatensätze

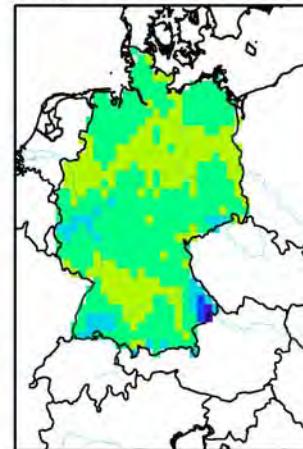


Temperatur [°C]  
1961–2000: Differenz

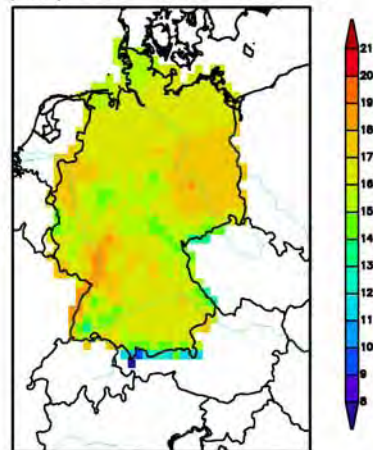
(DJF) DWD-MON-RASTER



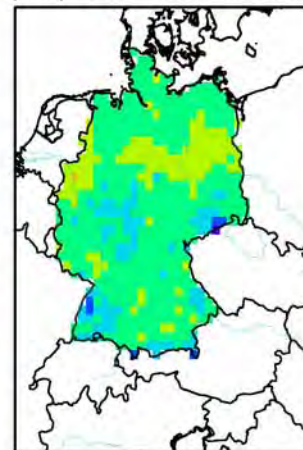
(DJF) DWD-ENSEMBLES



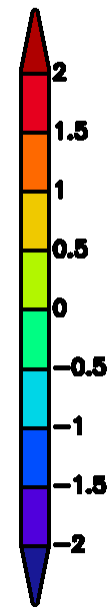
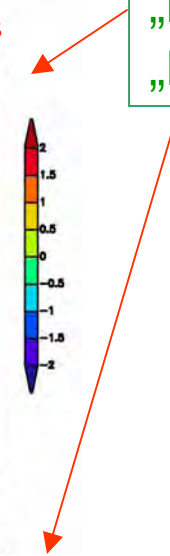
(JJA) DWD-MON-RASTER



(JJA) DWD-ENSEMBLES



Differenz  
„DWD“ minus  
„ENSEMBLES“



[°C]

„DWD“  
Datensatz





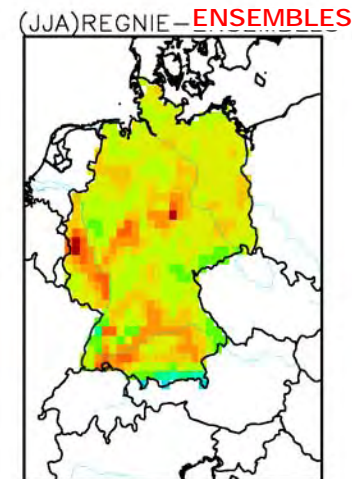
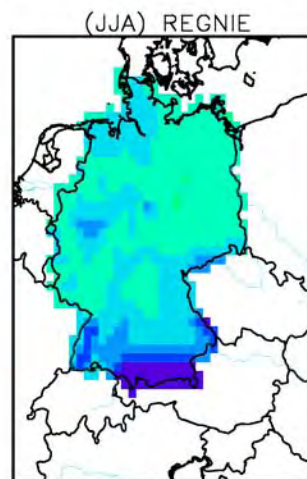
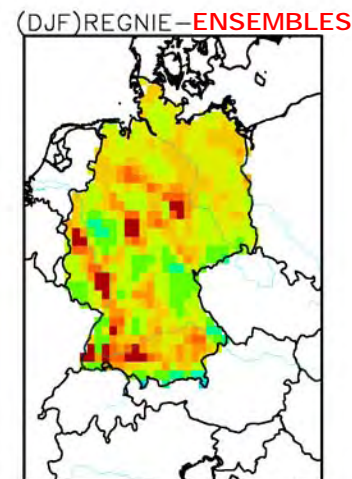
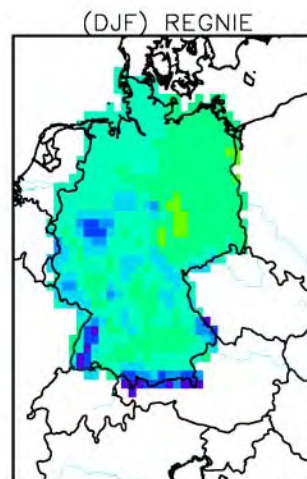
# Vergleich zweier Beobachtungsdatensätze



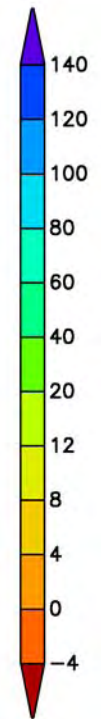
Niederschlag [mm/Monat]

1961–2004: Differenz zwischen REGNIE-ENSEMBLES

„DWD“  
Datensatz



Differenz  
„DWD“ minus  
„ENSEMBLES“



[mm]





„Klima“ ist die Beschreibung der Statistik des Klimasystems

## Kenngrößen:

Klimatologische Mittel:

Mittlere Temperatur, mittlerer Niederschlag

Verteilungen:

1-Tagessummen Niederschlag, 5-Tagessummen Niederschlag,...

Tagesmittelwerte Temperatur

Extreme:

5% Perzentile, 95% Perzentile, Maximale 5-Tagessummen Niederschlag, Maximale Dauer von Trockenperioden

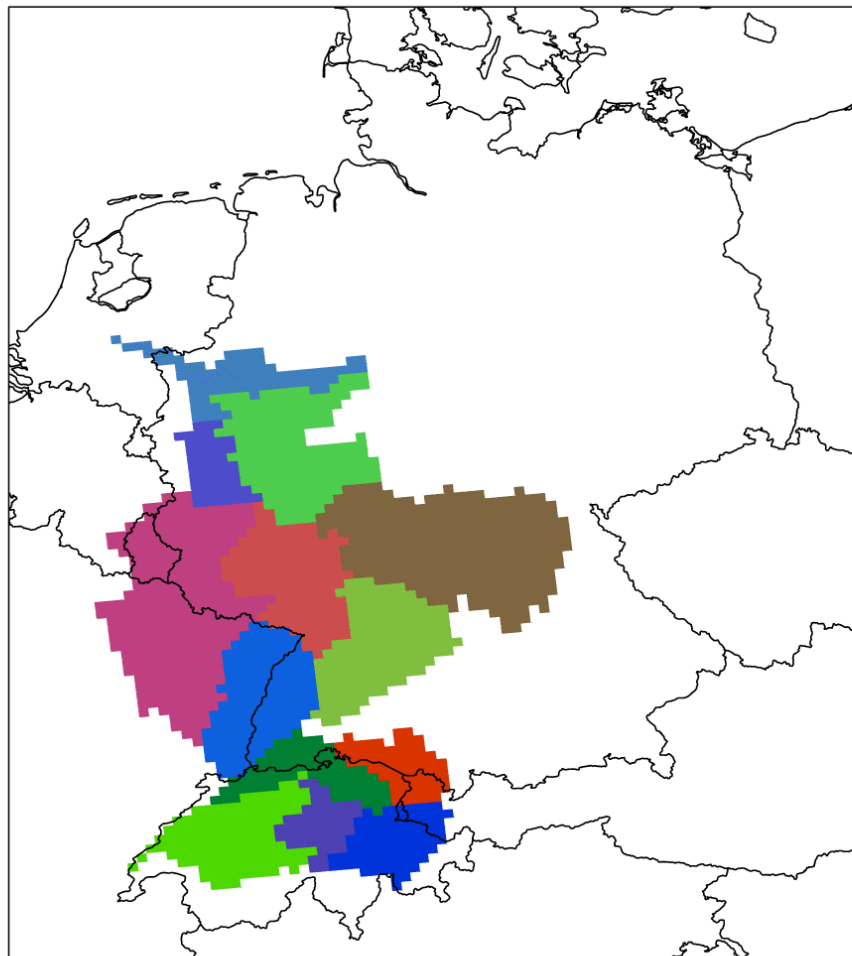
Räumliche und zeitliche Skala sowie die klimatische Grösse sollte problembezogen sein, d.h. zum Verständnis des hydrologischen Zyklus im Rheineinzugsgebiet beitragen.

Allerdings gibt es praktische Einschränkungen: Auflösung des Modells, Verfügbarkeit von Datensätzen.





## Einzugsgebiete des Rhein:



- Oberrhein
- Niederrhein
- Neckar
- Mosel
- Mittelrhein Süd
- Mittelrhein Nord West
- Mittelrhein Nord Ost
- Main
- Limmat-Reuss
- Hochrhein
- Bodensee
- Alpenrhein
- Aare







## Evaluierung: Ergebnisse



Zehn regionale Klimamodelle werden mit Beobachtungen verglichen.  
Auflösung: 25km. Simulationen stammen aus dem Projekt **ENSEMBLES**.  
Dabei werden Mittel über Teileinzugsgebiete des Rheins betrachtet.



Beispiele:

Main

Alpenrhein



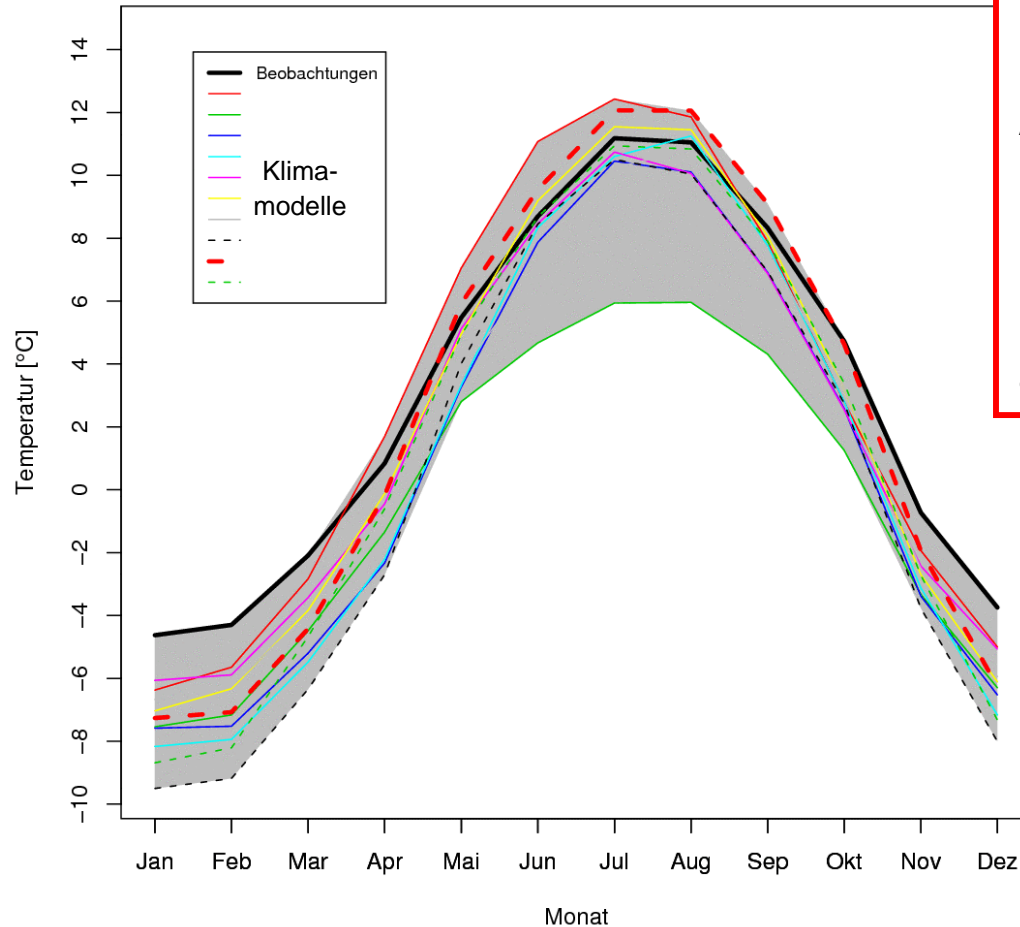
# Temperatur



# Mittlere Monatstemperatur 1961-2000



Alpenrhein: Mittlere Monats-Temperatur



## Alpenrhein:

Herbst und Winter:

Alle RCMs zu kalt

Frühling und Sommer:

Einige Modelle zu warm,  
andere zu kalt

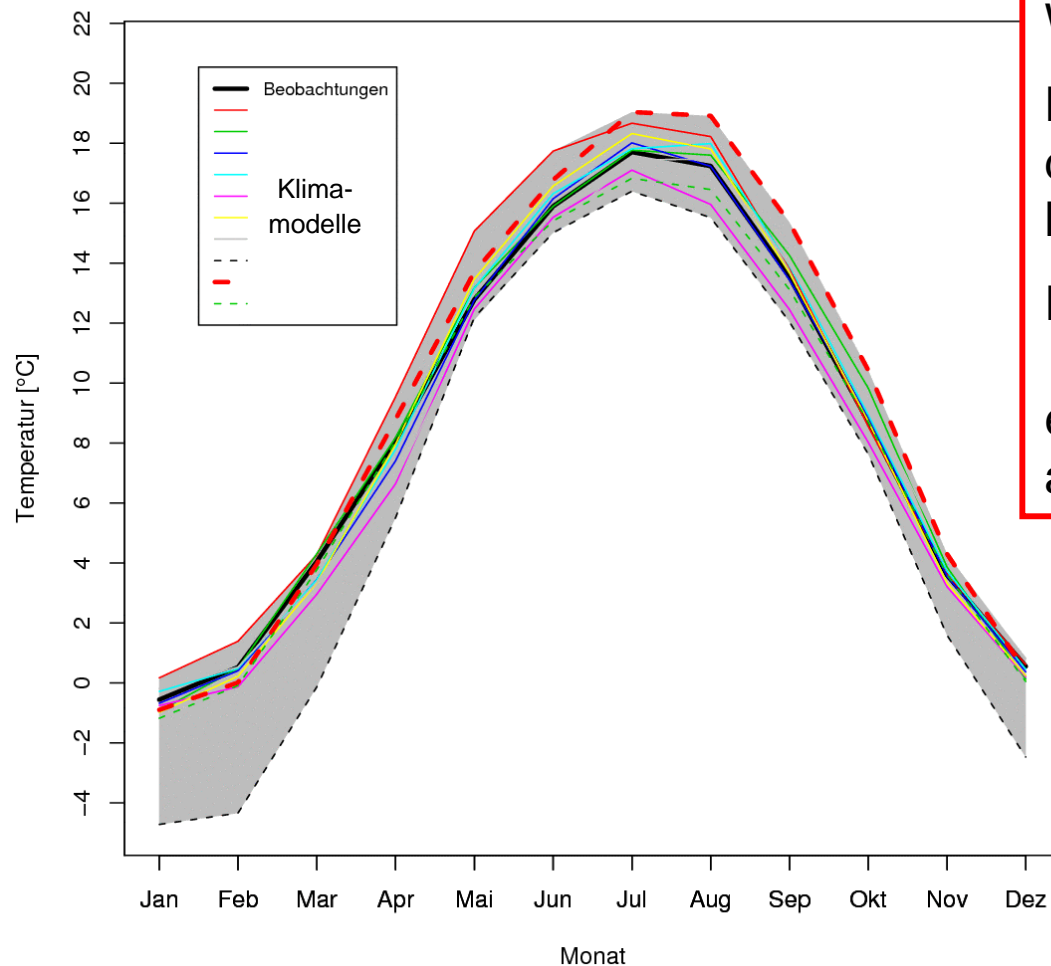




# Mittlere Monatstemperatur 1961-2000



Main: Mittlere Monats-Temperatur



Main:

Winter:

Die meisten Modell zu kalt,  
der Bias ist aber wesentlich  
kleiner als im Alpenrhein

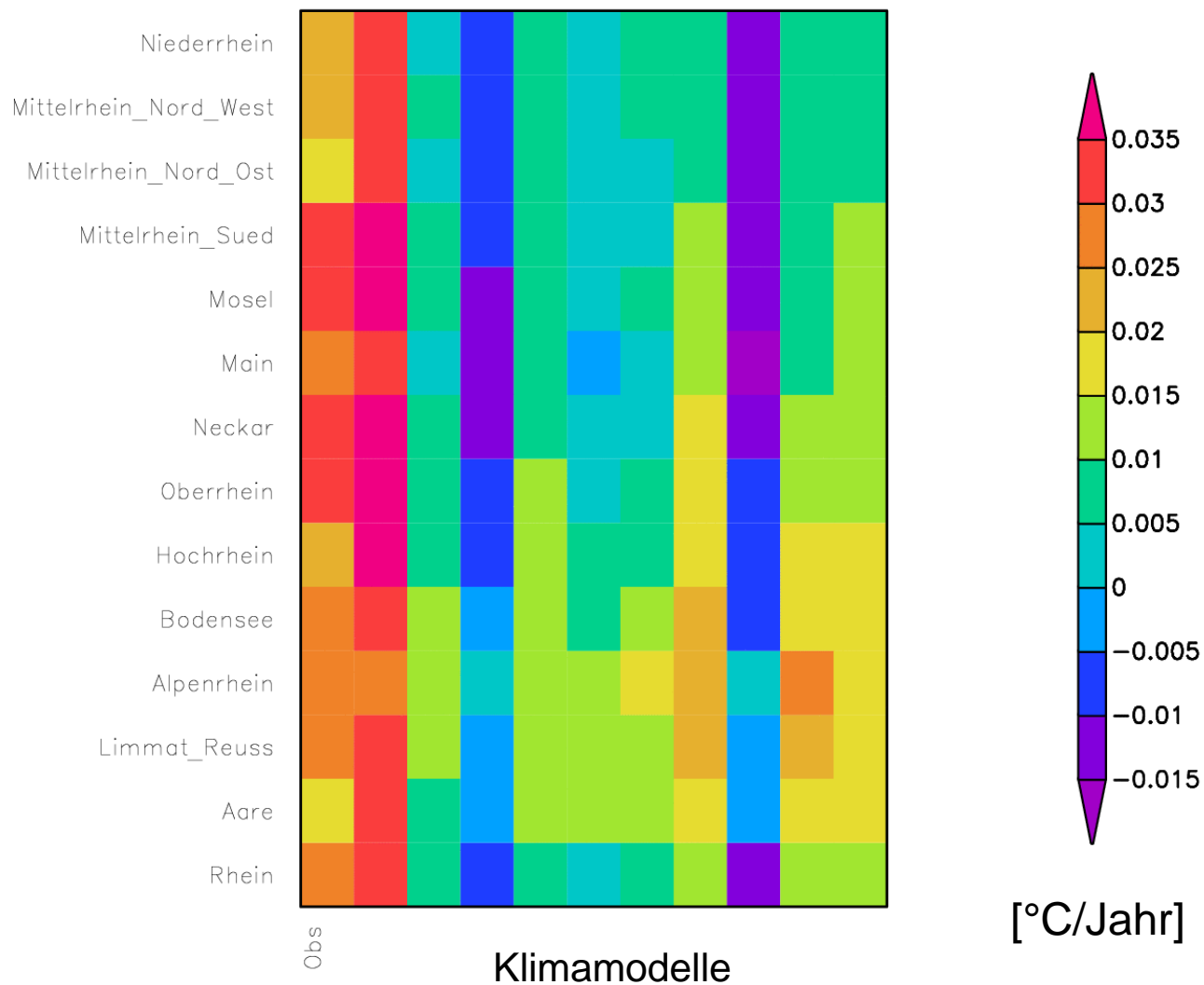
Frühling, Sommer, Herbst:

einige Modelle zu warm,  
andere zu kalt





# Temperaturtrend 1961-2000: Sommer



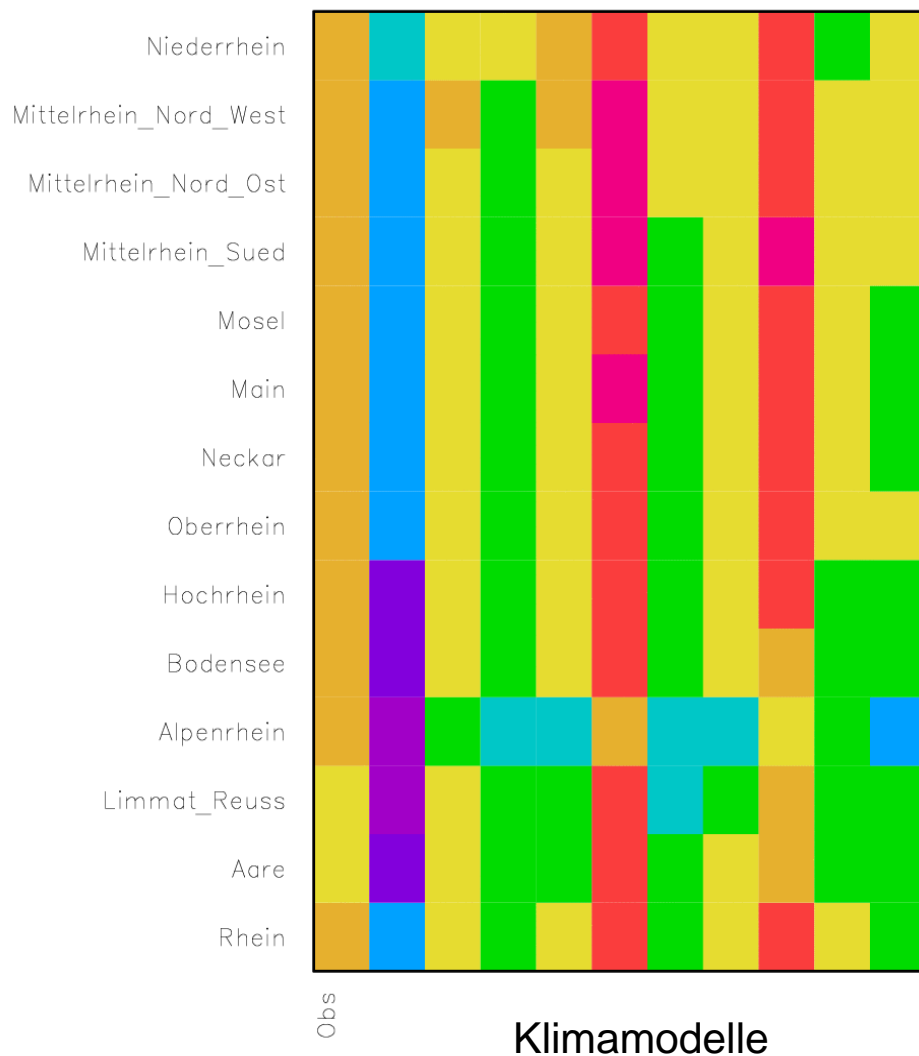
Temperatur-trends Sommer werden grösstenteils unterschätzt (ausser cnrm)







# Temperaturtrend 1961-2000: Winter



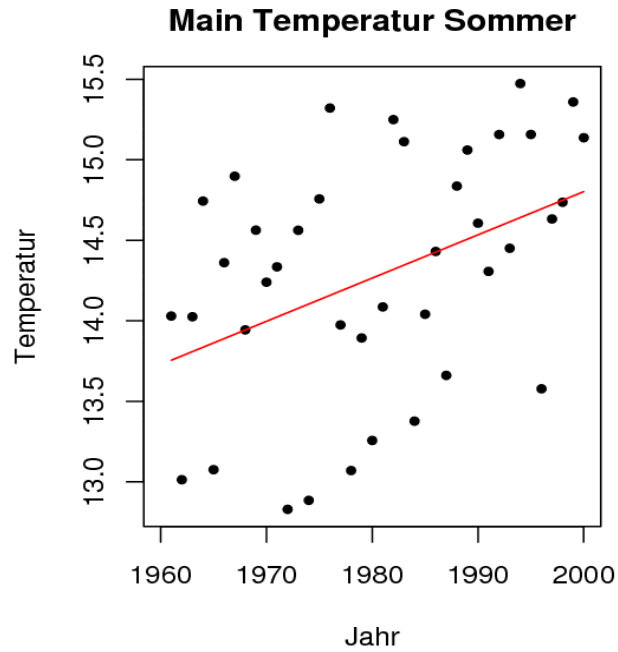
Temperaturtrends Winter sind räumlich homogener (auch in den Modellen).  
Unterschätzung der Trends weniger deutlich. ictp und ouranos zu starke Trends, cnrm zu geringe!

[°C/Jahr]

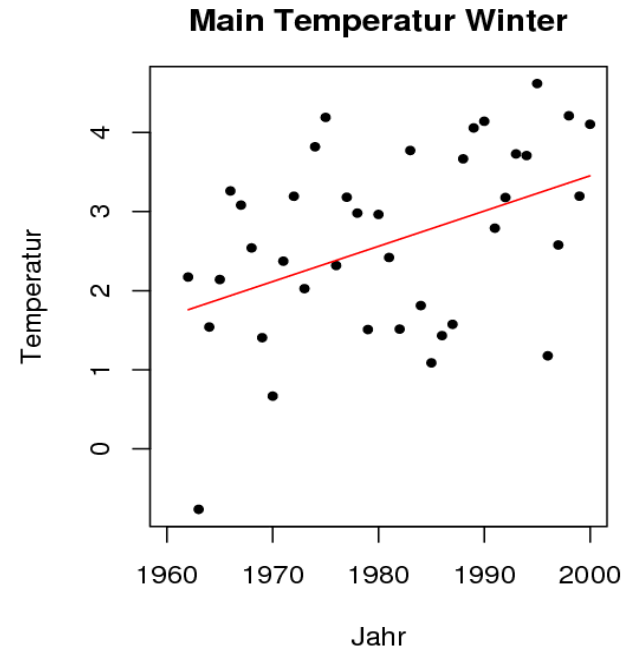




# Temperatortrend 1961-2000



p-Wert: 0.0071



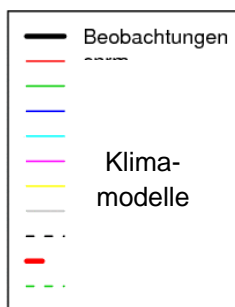
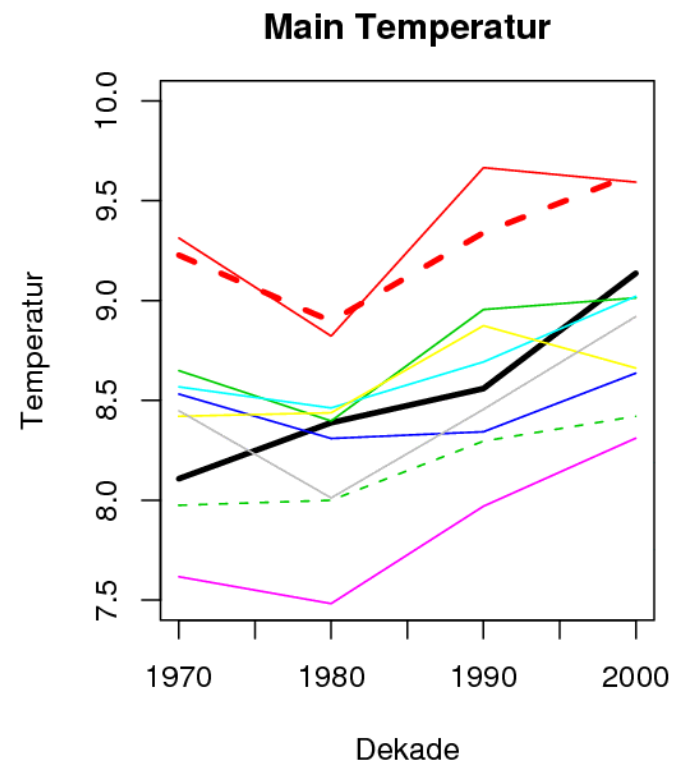
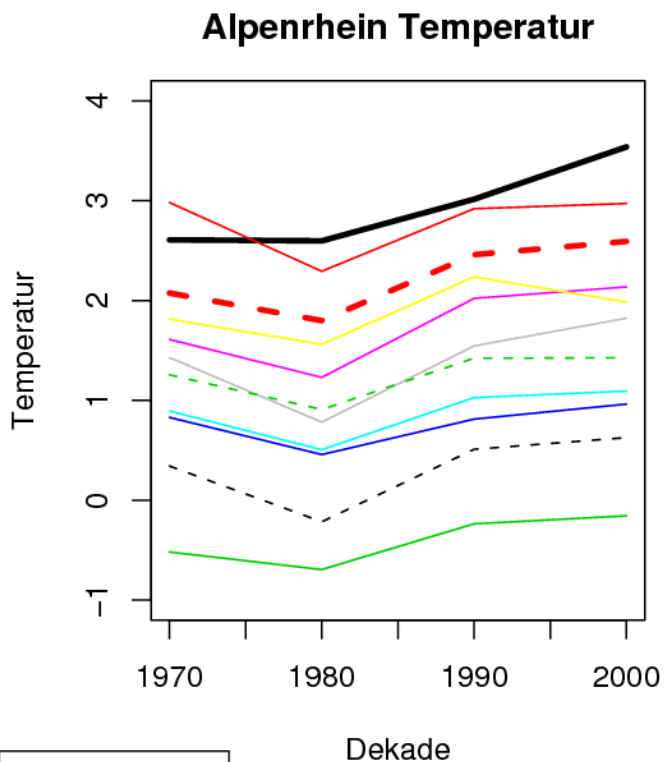
p-Wert: 0.0062

**Trends sind signifikant (99% Level) !**





# Temperatur Dekadenmittel 1961-2000



Modelle verhalten sich recht ähnlich (Antrieb). Es gibt Unterschiede zu den Beobachtungen. Trend v.a. in der ersten und letzten Dekade unterschätzt





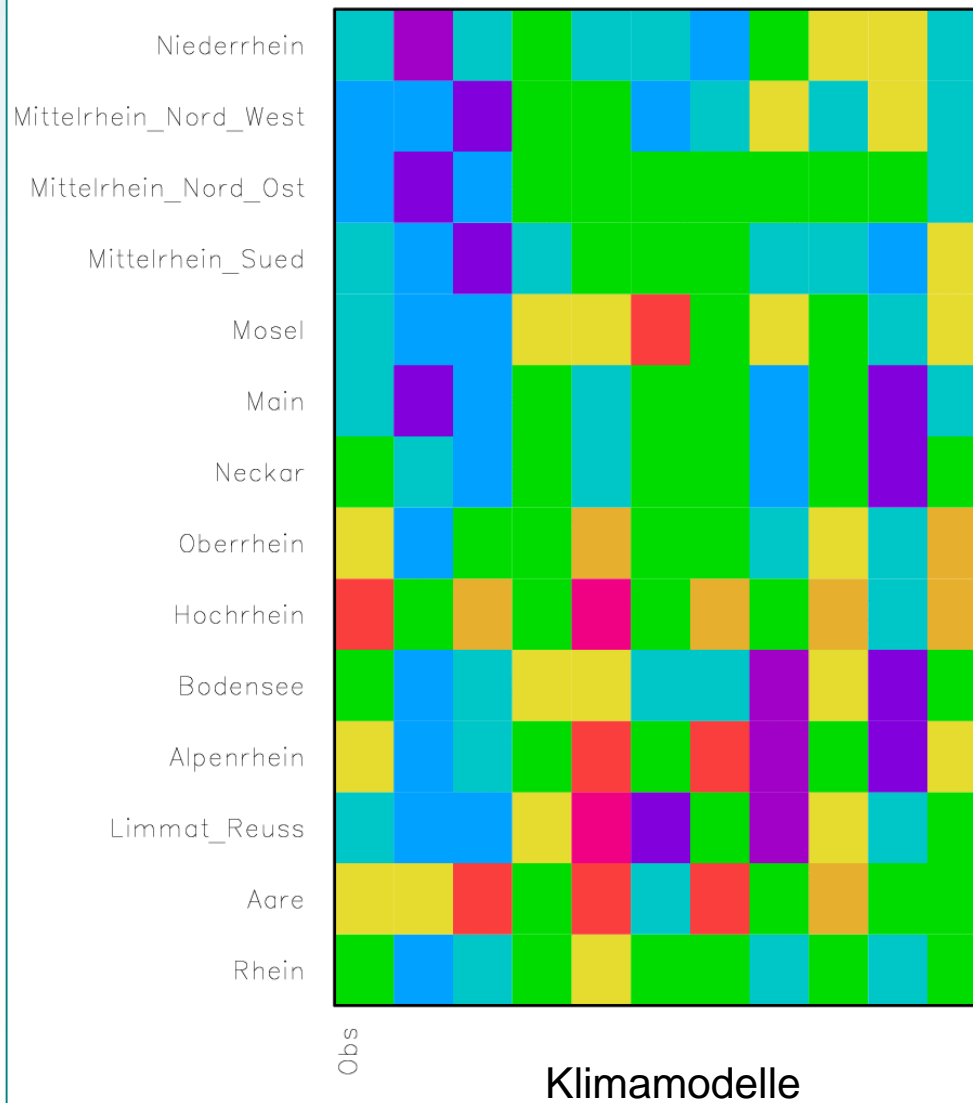
**Niederschlag**



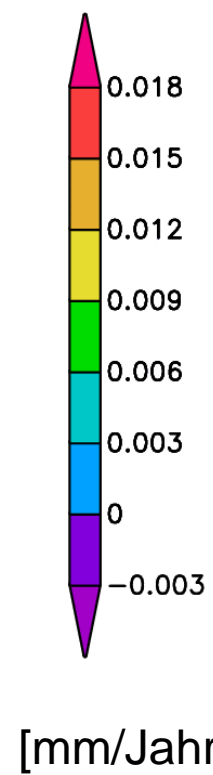




# Niederschlagstrend 1961-2000: Sommer



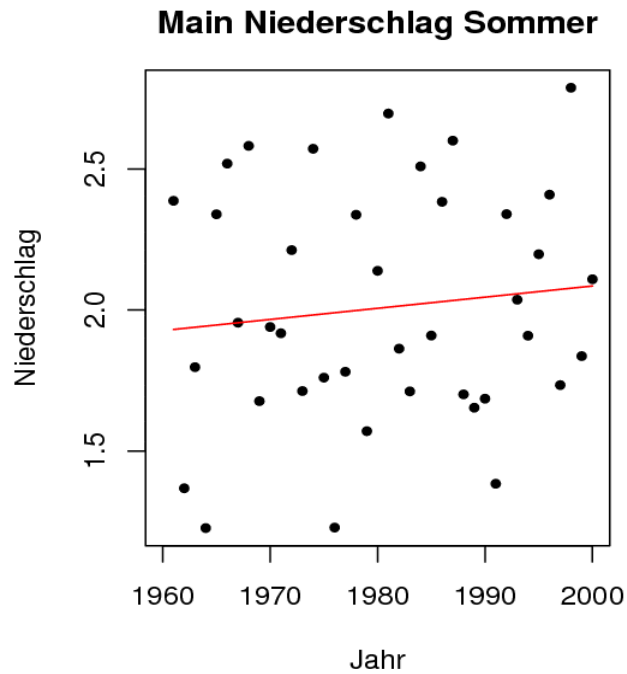
Niederschlags-trends klein und räumlich variabel. Keine klare Unter- oder Überschätzung durch die Modelle.



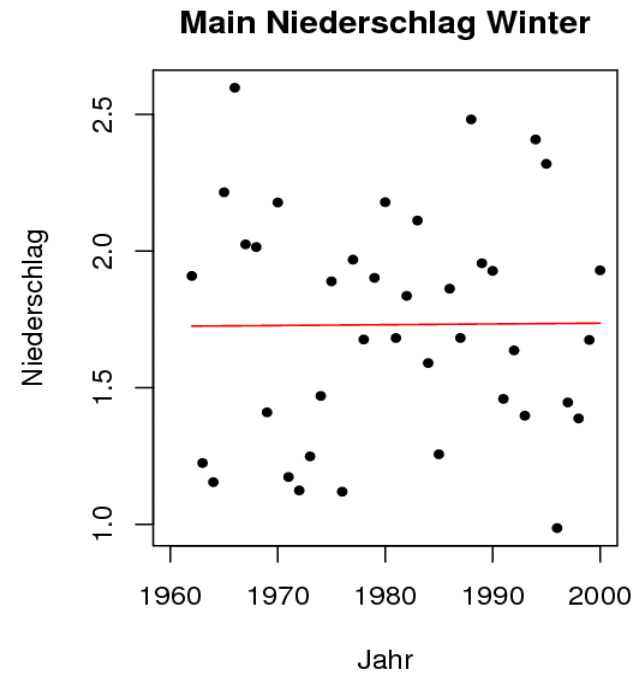




# Niederschlagstrend 1961-2000



p-Wert: 0.491



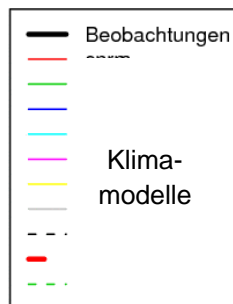
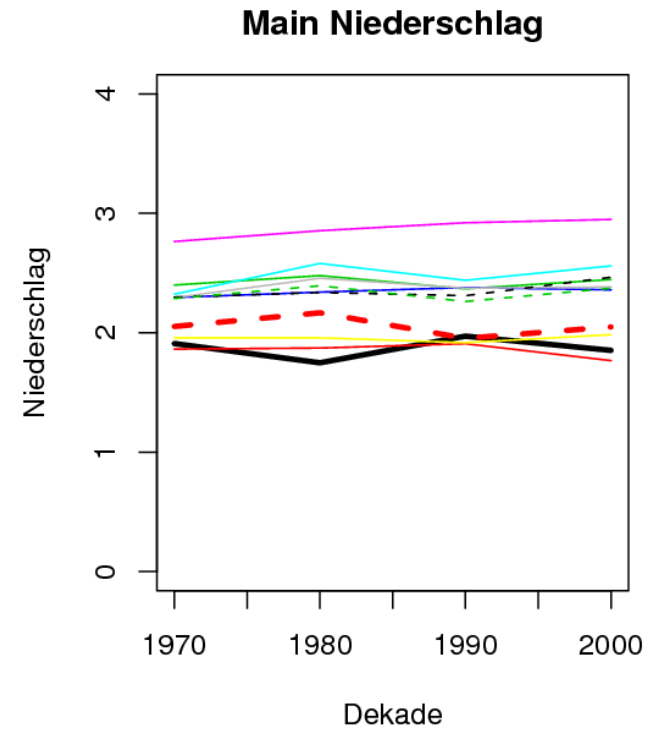
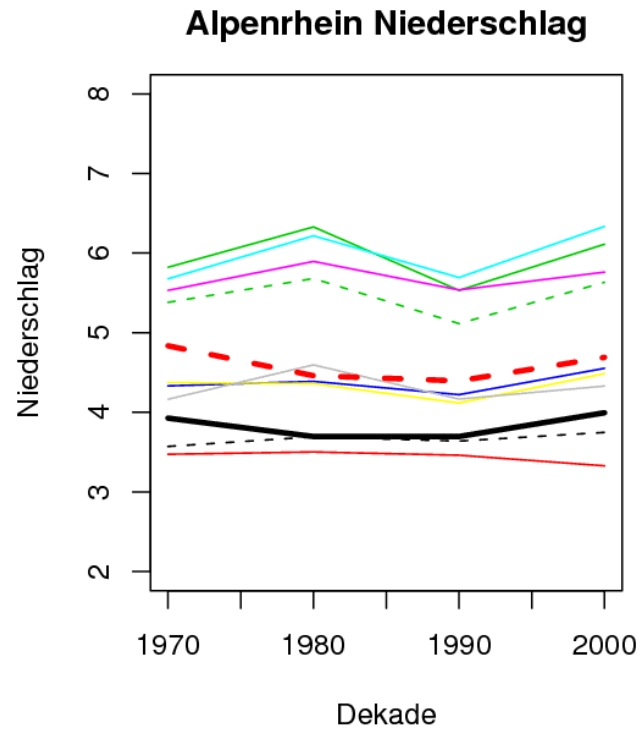
p-Wert: 0.963

Trends sind nicht signifikant !





# Niederschlag Dekadenmittel 1961-2000



Variationen eher gering. Modelle verhalten sich ähnlich, aber nicht alle gleich. Es gibt Unterschiede zu den Beobachtungen.







# 95% Quantil Niederschlag

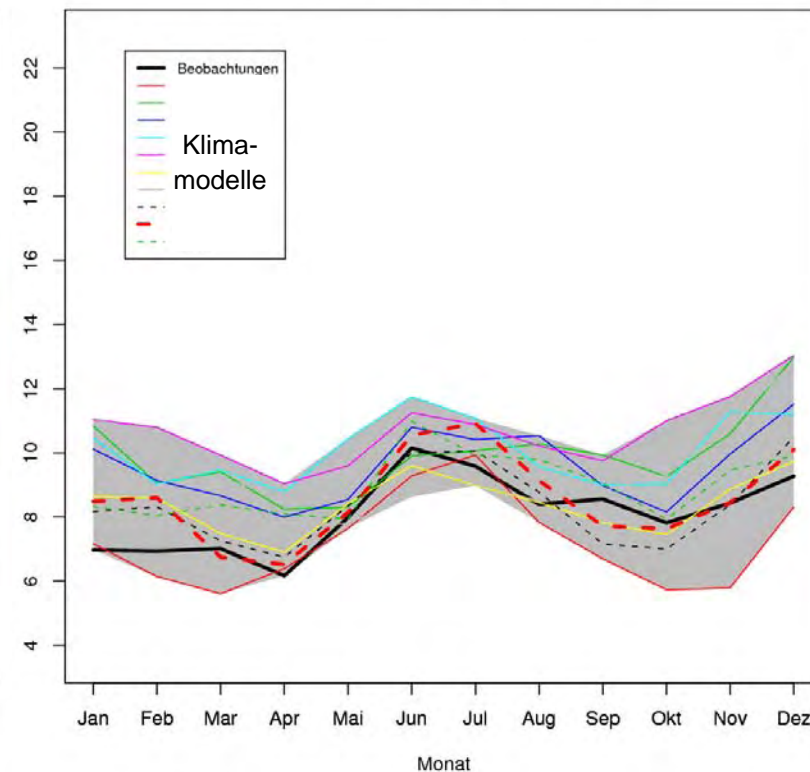
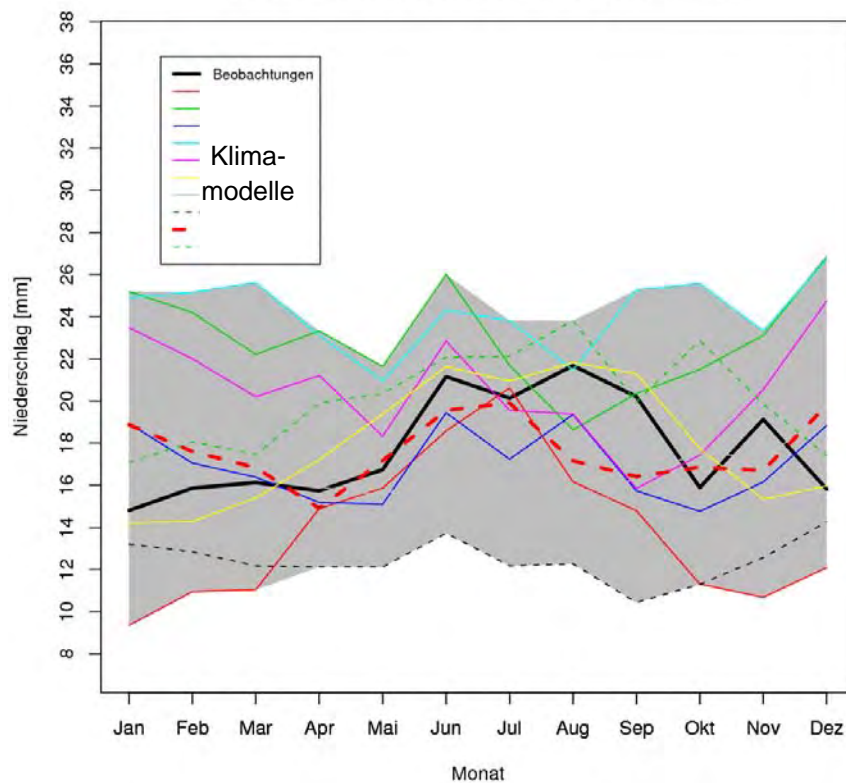


## Alpenrhein

## Main

Alpenrhein: 95 Prozent Quantil Tagessummen

Main: 95 Prozent Quantil Tagessummen



**Übereinstimmung gut. Grosse Bandbreite!**



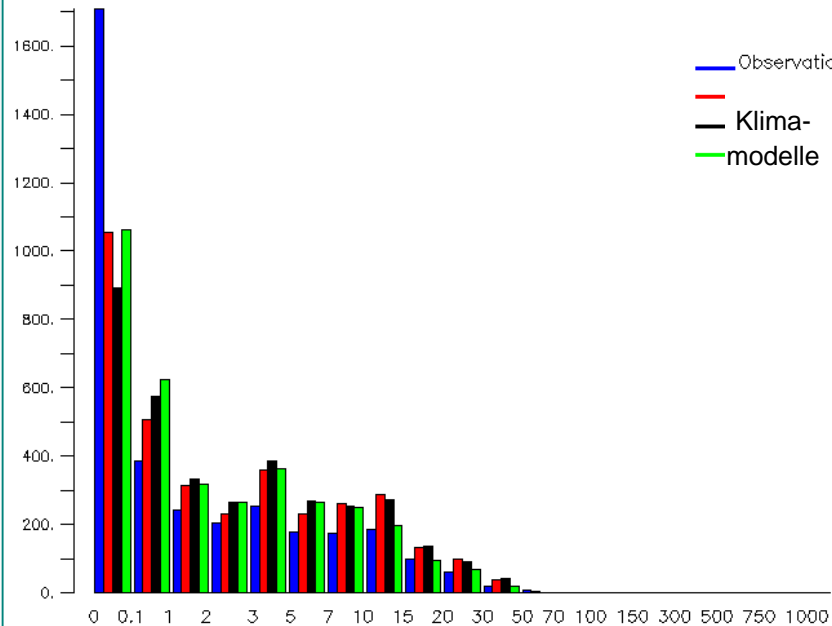


# Verteilung 1-Tagessummen: Winter



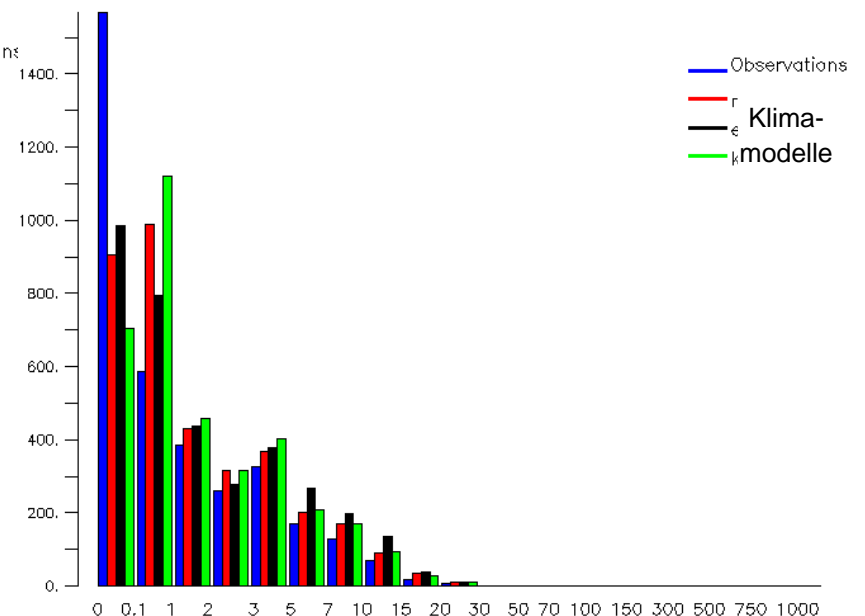
## Alpenrhein

PREC Alpenrhein xDhist1day DJF



## Main

PREC Main xDhist1day DJF



Übereinstimmung sehr gut. Tage ohne Niederschlag unterschätzt.  
Aber Tage mit < 1mm Niederschlag auch recht gut simuliert.



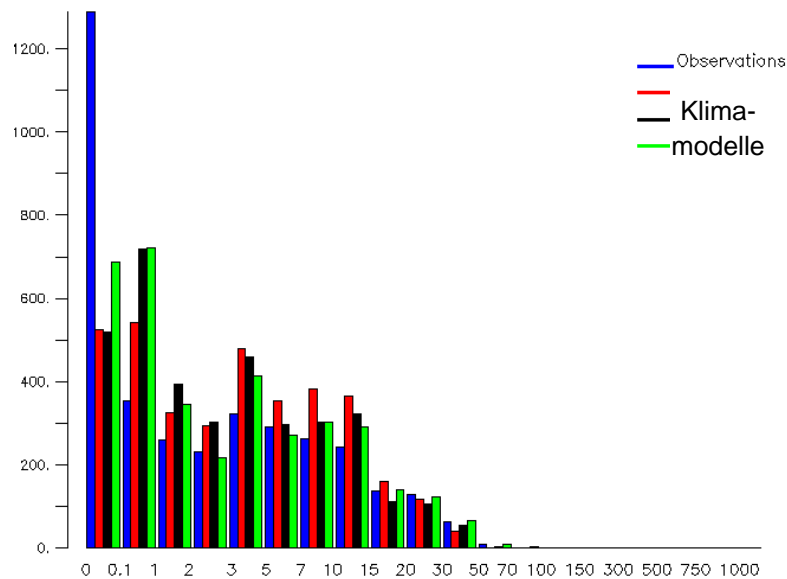


# Verteilung 1-Tagessummen Sommer



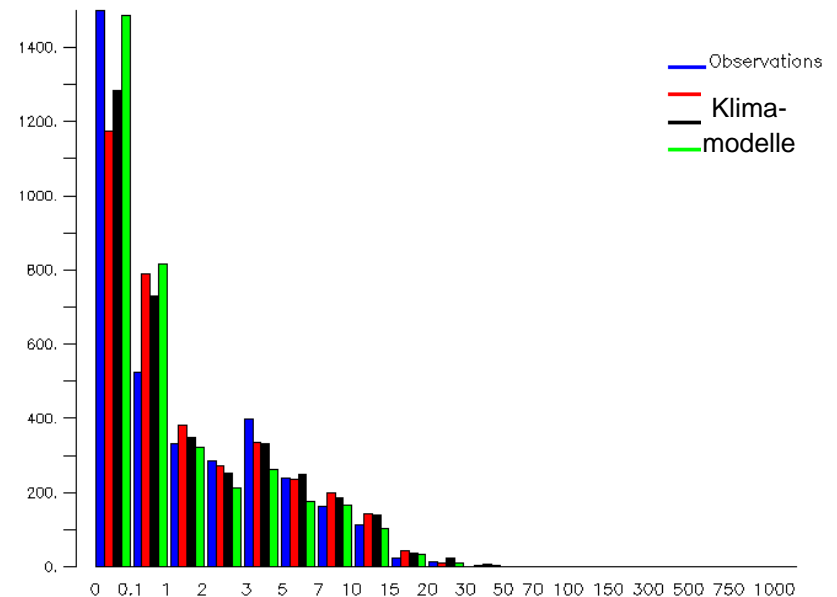
## Alpenrhein

PREC Alpenrhein xDhist1day JJA



## Main

PREC Main xDhist1day JJA



Übereinstimmung sehr gut. Tage ohne Niederschlag und trockene Tage (< 1mm) unterschätzt nur im Alpenrhein.

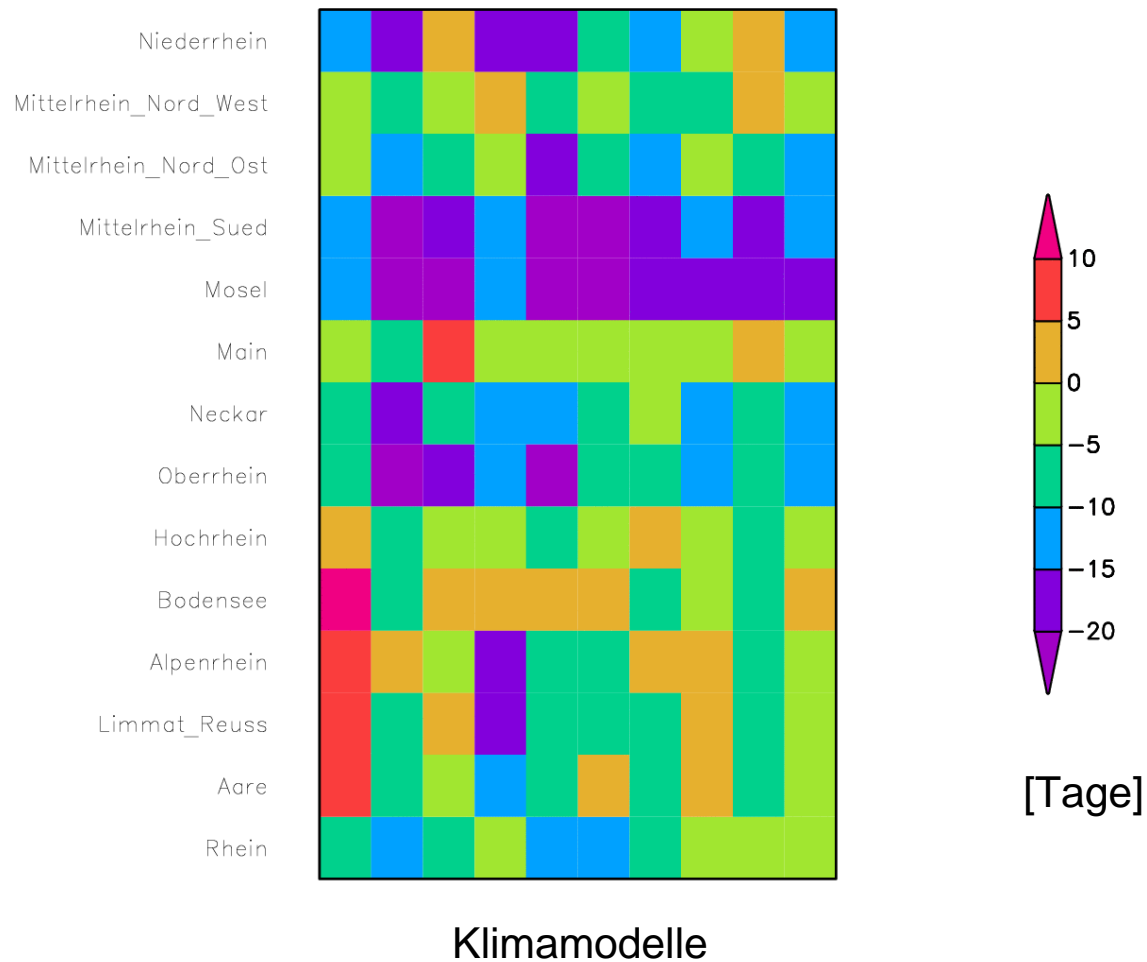




# Maximale Periode trockener Tage für DJF



## Modell – Beobachtungen 1961-2000



Übereinstimmung zum Teil recht gut, zum Teil sind Abweichungen beträchtlich. Kaum systemtisch, ausser Mittelrhein Sued/ Mosel.

[Tage]

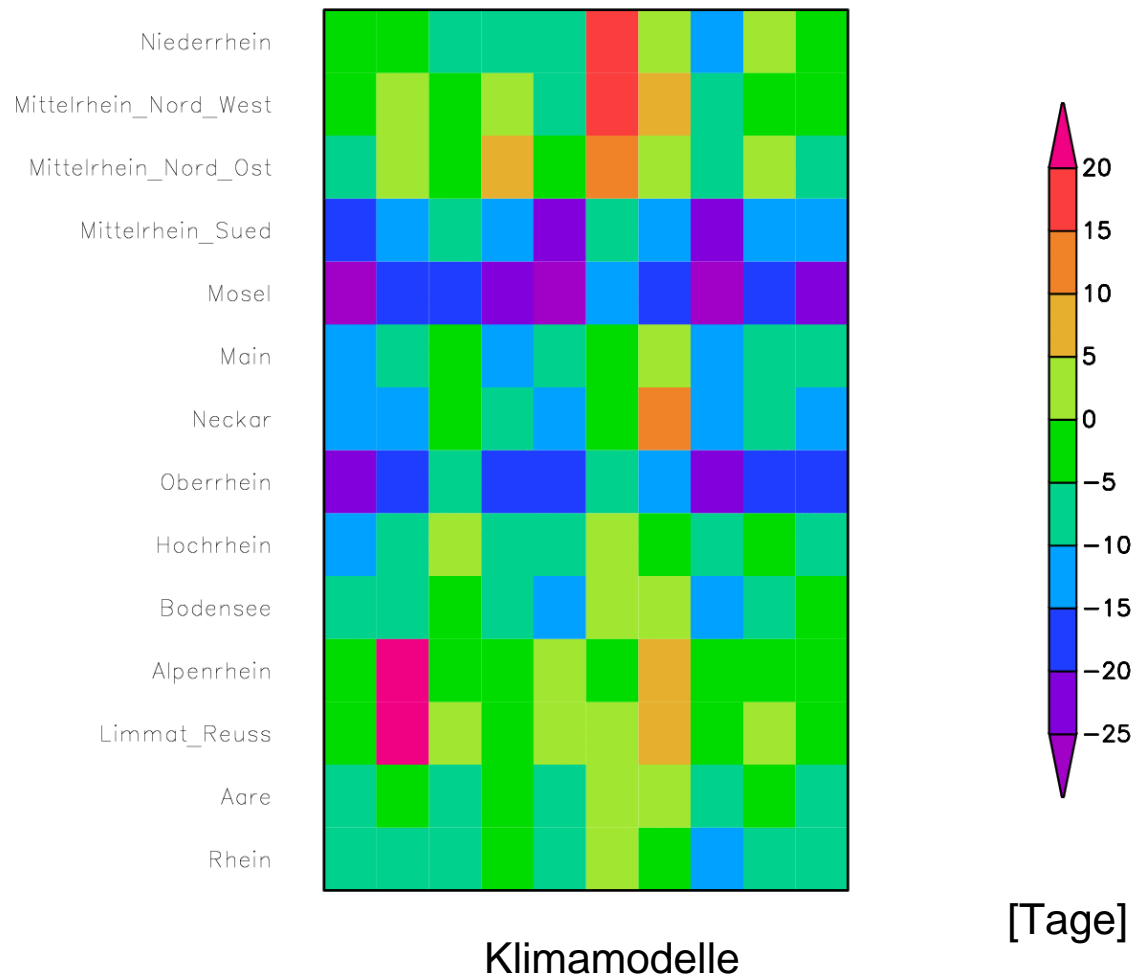




# Maximale Periode trockener Tage für JJA



## Modell – Beobachtungen 1961-2000



Übereinstimmung zum Teil recht gut, zum Teil sind Abweichungen beträchtlich. Kaum systematisch, ausser vielleicht in „mittleren“ Rheinabschnitten, wo Perioden unterschätzt werden.





## Zusammenfassung Niederschlag 1961-2000



### Mittlere Niederschlagssumme:

Niederschlag wird tendenziell überschätzt. Aber: Beobachtungen unkorrigiert.

### Niederschlagstrends:

Die Trends sind klein, und sowohl in den Beobachtungen als auch in Modellen nicht signifikant. Keine klare Über- oder Unterschätzung.

### Dekadenentwicklung:

Die Variationen sind gering. Modellverhalten sich ähnlich, aber nicht alle gleich. Gewisse Unterschiede zu Beobachtungen feststellbar.

### 95% Quantil Niederschlag:

Übereinstimmung recht gut, aber Bandbreite der Modelle sehr gross.

### Verteilung der 1-Tagessummen:

Übereinstimmung sehr gut. Tage ohne Niederschlag unterschätzt, aber trockene Tage (< 1mm) insgesamt recht gut simuliert.





## Zusammenfassung Niederschlag 1961-2000



### Maximale Trockenperioden:

Im allgemeinen recht gut simuliert, eher unterschätzt als überschätzt, vor allem im Sommer. In „mittleren“ Rheinabschnitten werden die Perioden zum Teil recht stark unterschätzt, vor allem im Sommer.







## Zusammenfassung



- Die Charakteristika der Modelle sind unterschiedlich. Es ist im Einzelnen schwierig, die genauen Gründe für das Verhalten der Modelle zu identifizieren.
- Die Abweichungen der Modelle von den Beobachtungen können erheblich sein. Trotz der immensen Komplexität des Systems werden viele Grössen aber auch sehr gut modelliert.
- Es ist im Prinzip denkbar, dass sich in gewissen Fällen Modellfehler gegenseitig aufheben. Um das festzustellen, müssen viele Variablen betrachtet werden. Oft fehlen dazu allerdings die Beobachtungen.
- Viele Ergebnisse sind aber in allen Modellsimulationen wiederzufinden. Es ist wichtig, Ensembles zu betrachten. Das erlaubt es, robuste Eigenschaften der verschiedenen Simulationen zu identifizieren, und Unsicherheiten abzuschätzen.
- Aber auch die Beobachtungen selbst haben ihre Schwierigkeiten: Stationsdichte ist beschränkt, systematische Fehler speziell in topographisch schwierigem Gelände sind denkbar. Die verwendeten Niederschlagsdatensätze sind **unkorrigiert**.





## Ist eine Aussage zum Klimaänderungssignal möglich?



- Die Klimamodelle sind das Beste was wir haben.
- Die Validierung hilft, die Aussagekraft der Modelle einzuschätzen. Es gibt robuste Signale, auf die sich Anpassungsstrategien abstützen sollten.
- Schätzung der Unsicherheit ist wesentlich. Ensembles von Klimasimulationen sollten dazu herangezogen werden.
- Die Abweichungen der Modelle von den Daten können im Einzelnen erheblich sein. Das heisst allerdings nicht unbedingt, dass die von den Modellen in den Projektionen berechnete Klimaänderung falsch ist.
- Modelle, die das Jetzt-Klima gut beschreiben, müssen zwar nicht notwendigerweise „korrekt“ sein. Aber eine gute Übereinstimmung mit den Beobachtungen stärkt unser Vertrauen.



**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!**